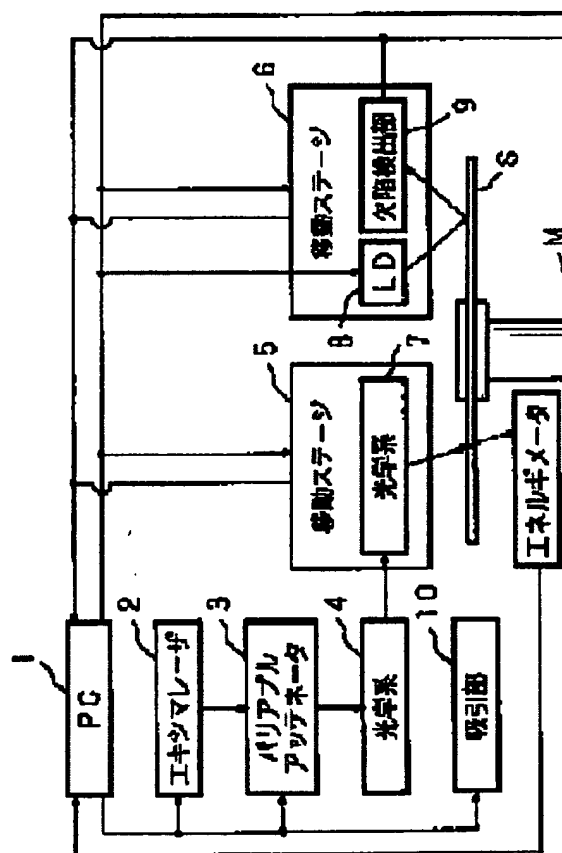


Patent number: JP2000288496
Publication date: 2000-10-17
Inventor: YAO MASAYUKI; IMACHI HIROSHI; HAYAKAWA YOSHITO; HARA HIRONORI; KUBOTA MASAMI
Applicant: KUBOTA CORP
Classification:
- **International:** B08B7/00; G11B5/84; H01L21/268; H01L21/3065
- **European:**
Application number: JP19990101867 19990408
Priority number(s):

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cleaning device capable of reducing the frequency of maintenance due to deterioration of a laser system, capable of efficiently removing defect even if a material is liable to be damaged such as aluminum and glass.

SOLUTION: The laser beam emitted from a laser diode(LD) 8 for detecting the defect and the laser beam emitted from an excimer laser 2 for removing the defect are made slantly incident on the surface of a hard disk substrate S, on the other hand, the pulselike laser beam for removing the defect is applied on the surface of the hard disk substrate S in the ratio of 1 to several pulses per one point, then the detection of the defect is executed, and the defect which can not be removed by the first irradiation is removed by re-applying the laser beam for removing the defect.



【特許請求の範囲】

【請求項1】 クリーニング対象となる試料(S)表面に光ビームを照射し、前記試料(S)表面での反射光に基づいて前記試料(S)表面の欠陥(C)を検出し、検出結果に基づいて前記欠陥(C)にエネルギービームを照射することにより、前記欠陥(C)を除去するクリーニング装置において、

前記光ビーム及び／又はエネルギービームの出射源(2~4, 7, 8)は、前記試料(S)表面に対して傾斜して前記光ビーム及び／又はエネルギービームを入射し、前記エネルギービームの出射源(2~4, 7)は、1箇所当り第1パルス数の割合でパルス状の前記エネルギービームを照射し、照射した後で検出された欠陥(C)の位置に1箇所当り第2パルス数の割合で前記エネルギービームを再照射すべくしてあることを特徴とするクリーニング装置。

【請求項2】 クリーニング対象となる試料(S)表面に光ビームを照射し、前記試料(S)表面での反射光に基づいて前記試料(S)表面の欠陥(C)を検出し、検出結果に基づいて前記欠陥(C)にエネルギービームを照射することにより、前記欠陥(C)を除去するクリーニング装置において、

前記試料(S)表面に対して傾斜して前記光ビーム及び／又はエネルギービームを入射する出射源(2~4, 7, 8)と、前記エネルギービームの出射源(2~4, 7)に、1箇所当り第1パルス数の割合でパルス状の前記エネルギービームを照射させる照射制御手段(1)とを備え、前記エネルギービームの出射源(2~4, 7)は、照射した後で検出された欠陥(C)の位置に1箇所当り第2パルス数の割合で前記エネルギービームを再照射すべくしてあることを特徴とするクリーニング装置。

【請求項3】 検出された前記欠陥(C)の前記エネルギービームによる除去の可否を判別する判別手段(1)を更に備え、前記エネルギービームの出射源(2~4, 7)は、前記判別手段(1)によって除去が可能であると判別された欠陥(C)に前記エネルギービームを照射する一方、前記判別手段(1)によって除去が不可能であると判別された欠陥(C)の量が所定の閾値を超える場合に、前記試料(S)に前記エネルギービームを照射しないようになしてある請求項1又は2記載のクリーニング装置。

【請求項4】 前記試料(S)を回転する回転手段(M)を更に備え、少なくとも何れか前記出射源(2~4, 7, 8)は、前記回転手段(M)による前記試料(S)の回転の接線方向に沿って入射すべくしてある請求項1乃至3の何れかに記載のクリーニング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体、半導体、及び液晶表示器等の対象物の表面を光学的にク

リーニングするクリーニング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、コンピュータのハードディスク装置を構成する磁気記録ディスクは、アルミニウム又はガラス等を主材とし、これを用いて円盤状に形成してハードディスク基板を得、得られたハードディスク基板の表面をNiPで被覆し、被覆後の表面をテクスチャ研磨し、研磨屑を超音波洗浄又は水洗浄した後で、磁性材料をスパッタリングすることによって作製される。

【0003】このようなハードディスク基板は、その磁性材料による被覆前の工程において、その表面の欠陥を検査され、欠陥が除去可能であればクリーニング(除去)される。

【0004】このような欠陥の検出及び除去を行うクリーニング装置は、He-Neレーザ光源からパルス状のレーザビームをハードディスク基板の全面に均一に照射し、これによるハードディスク基板の表面での反射光に基づいて欠陥の有無及び位置等を検出し、KrFエキシマレーザ光源からパルス状のレーザビームをハードディスク基板の欠陥検出位置に数10~100パルス程度照射することにより、欠陥を除去するようになっており、これは、例えば特開平10-216664号公報に開示されているようなものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した如き従来のクリーニング装置においては、欠陥の除去に高出力を要するためにエキシマレーザ光源のような高出力の紫外光パルスレーザ光源が用いられるが、レーザ光源自体が高価であることに加えて、照射パルス数に応じて励起ガス及び内蔵された光学部品が徐々に劣化してその出力が低下していく。従って、励起ガス及び光学部品の定期的な交換、光学部品の再調整等のメンテナンスが不可欠である。

【0006】このような事情から、欠陥除去における歩留りを高めるために、単位時間当たりの照射パルス数、即ちパルス繰り返し周波数を大きくすると、これに伴って前述した如きメンテナンスに掛かるコストが増大するとともに、メンテナンスの際に生産が中断することが頻繁となる問題があった。

【0007】また、前述したアルミニウム及びガラスのような材料は、従来から主としてクリーニング対象とされていたシリコンウェハ等の半導体材料と比べて、照射される欠陥除去用のレーザビームが比較的低い照射密度であっても損傷を生じ易く、これに応じた照射密度のレーザビームを照射しても十分な欠陥除去結果を得ることができないという問題があり、結果として前述したようなコスト等を犠牲にしても実質的な歩留り向上を期待できなかった。

【0008】さらに、従来のクリーニング装置においては、欠陥が検出された位置に対してのみ数10~100

パルス程度の欠陥除去用のレーザービームを照射するため、検出精度が比較的低い場合には、除去されない欠陥が発生する虞があった。

【0009】本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、欠陥検出用及び欠陥除去用の光源からハードディスク基板のような試料の表面に対して傾斜して各ビームを入射する一方、欠陥除去用の光源が、パルス状のビームを1箇所当り1～数パルスの割合で照射した後で、欠陥の検出を行ない、最初の照射で除去できないような欠陥に対して欠陥除去用のビームを再照射することにより、メンテナンスの頻度を低減し、アルミニウム及びガラスのような損傷し易い材料であっても効率的な欠陥除去が可能であり、欠陥除去用の光源で除去可能な欠陥が残る可能性を小さくすることができるクリーニング装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1発明に係るクリーニング装置は、クリーニング対象となる試料(S)表面に光ビームを照射し、前記試料(S)表面での反射光に基づいて前記試料(S)表面の欠陥(C)を検出し、検出結果に基づいて前記欠陥(C)にエネルギービームを照射することにより、前記欠陥(C)を除去するクリーニング装置において、前記光ビーム及び/又はエネルギービームの出射源(2～4, 7, 8)は、前記試料(S)表面に対して傾斜して前記光ビーム及び/又はエネルギービームを入射し、前記エネルギービームの出射源(2～4, 7)は、1箇所当り第1パルス数の割合でパルス状の前記エネルギービームを照射し、照射した後で検出された欠陥(C)の位置に1箇所当り第2パルス数の割合で前記エネルギービームを再照射すべくしてあることを特徴とする。

【0011】第2発明に係るクリーニング装置は、クリーニング対象となる試料(S)表面に光ビームを照射し、前記試料(S)表面での反射光に基づいて前記試料(S)表面の欠陥(C)を検出し、検出結果に基づいて前記欠陥(C)にエネルギービームを照射することにより、前記欠陥(C)を除去するクリーニング装置において、前記試料(S)表面に対して傾斜して前記光ビーム及び/又はエネルギービームを入射する出射源(2～4, 7, 8)と、前記エネルギービームの出射源(2～4, 7)に、1箇所当り第1パルス数の割合でパルス状の前記エネルギービームを照射させる照射制御手段(1)とを備え、前記エネルギービームの出射源(2～4, 7)は、照射した後で検出された欠陥(C)の位置に1箇所当り第2パルス数の割合で前記エネルギービームを再照射すべくしてあることを特徴とする。

【0012】第3発明に係るクリーニング装置は、第1又は第2発明のクリーニング装置において、検出された前記欠陥(C)の前記エネルギービームによる除去の可否を判別する判別手段(1)を更に備え、前記エネルギービ

ームの出射源(2～4, 7)は、前記判別手段(1)によって除去が可能であると判別された欠陥(C)に前記エネルギービームを照射する一方、前記判別手段(1)によって除去が不可能であると判別された欠陥(C)の量が所定の閾値を超える場合に、前記試料(S)に前記エネルギービームを照射しないようにしてあることを特徴とする。

【0013】第4発明に係るクリーニング装置は、第1～第3発明のクリーニング装置において、前記試料(S)を回転する回転手段(M)を更に備え、少なくとも何れかの前記出射源(2～4, 7, 8)は、前記回転手段(M)による前記試料(S)の回転の接線方向に沿って入射すべくしてあることを特徴とする。

【0014】第1及び第2発明に係るクリーニング装置によれば、クリーニング対象となる試料表面に光ビームを照射し、試料表面での反射光に基づいて試料表面に存在する欠陥を検出し、検出結果に基づいて欠陥にエネルギービームを照射することにより、欠陥を除去する構成のクリーニング装置において、光ビーム及び/又はエネルギービームの出射源が、試料表面に対して傾斜して光ビーム及び/又はエネルギービームを入射する構成としたので、光ビーム及び/又はエネルギービームを試料表面に略直角に入射するのに比べて、照射面積が増大するとともに、照射密度が減少するので、短時間で欠陥検出及び欠陥除去を行なうことができるばかりでなく、特にエネルギービームによる損傷閾値が低いアルミニウム又はガラス等を主材とする試料に対して、試料表面を損傷することなく、欠陥除去を達成することができる。

【0015】また、エネルギービームの出射源は、1箇所当り第1パルス数の割合でパルス状のエネルギービームを照射し、照射した後で検出された欠陥の位置に、再び1箇所当り第2パルス数の割合でエネルギービームを照射する構成としたので、例えば、試料全体に対して1箇所当り1～数パルスの割合でエネルギービームを照射して粗除去し、欠陥検査を行なった後で、欠陥が検出された位置にエネルギービームを再照射して微除去することができ、可及的に少ないパルス数で欠陥除去を行なうことによって、試料表面の損傷を抑制することが可能であるばかりでなく、欠陥除去用のエネルギービームで除去可能な欠陥が残る可能性を可及的に小さくすることができる。

【0016】なお、エネルギービームの再照射は、例えば後述する実施の形態にも示す如く、1パルス照射した後で、検査し、また1パルス照射した後で検査すること、欠陥が除去されるまで繰り返してもよく、また、一度に10～100パルス照射する構成としてもよい。何れにせよ、第1パルス数として可及的に少ないパルス数を設定することにより、再照射に要する時間を軽減することができる。

【0017】第3発明に係るクリーニング装置によれば、検出された欠陥が欠陥除去用のエネルギービームによ

って除去が可能であるか否かを判別し、除去が可能であると判別された欠陥にエネルギービームを照射する一方、除去が不可能であると判別された欠陥の量が所定の閾値を超える場合には、試料に欠陥除去用のエネルギービームを照射しないようにする構成としたので、対象となる試料表面に欠陥が存在しても、欠陥除去用のエネルギービームで除去可能と判断された欠陥のみにエネルギービームを照射するため、欠陥除去に掛かるコストを低減することができる。

【0018】また、対象となる試料表面に欠陥が存在しても、該欠陥の量が過大で、例えばハードディスク基板の如き試料が製品となった際に利用可能な記憶容量が十分に確保できずに、破棄対象となる場合には、無駄となる欠陥除去用のエネルギービームの照射を行わないため、欠陥除去に掛かるコストを低減することができる。

【0019】第4発明に係るクリーニング装置によれば、試料を回転させ、少なくとも何れかの出射源が回転の接線方向に沿って試料へ入射するように構成したので、例えば、試料としてテクスチャ研磨後のハードディスク基板を用いた場合には、同心円状に形成されたテクスチャ（研磨溝）の形成方向に沿って入射することとなり、テクスチャに遮蔽されて照射され得ない領域が発生することがなく、効率的な照射を実現することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下本発明をその実施の形態を示す図面に基いて詳述する。

【0021】実施の形態1. 図1は、本発明に係るクリーニング装置の構成を示すブロック図である。図1において、Sはクリーニング対象としてのアルミニウム製のハードディスク基板である。本実施の形態におけるハードディスク基板Sは、磁性材料によるスパッタリング前の工程のものであり、その表面は、NiP膜がコーティングされた後で、テクスチャ研磨してある状態のものとして以下説明する。なお、本発明においてはクリーニング対象としてのハードディスク基板Sは、上述した状態から、テクスチャ研磨によって発生した研磨屑を超音波エア洗浄又は水洗浄した後又は洗浄前のものであってもよい。

【0022】本発明に係るクリーニング装置は、パーソナルコンピュータ（以下、単にPCと称す）1、エキシマレーザ2、バリアブルアッテネータ3、2つの光学系4、7、2つの移動ステージ5、6、レーザダイオード（以後、単にLDと称す）8、欠陥検出部9、吸引部10、エネルギーメータ11、及びスピンドルモータM等から構成されている。

【0023】PC1は、汎用のパーソナルコンピュータであり、これに接続された各部を制御するためのソフトウェアがインストールされている。

【0024】スピンドルモータMは、その出力軸を上方

へ向け、その先端部にアーバを介してハードディスク基板Sを水平に取り付けられるようになっており、PC1によりその回転速度を制御され、ハードディスク基板Sの中心を回転軸として約50〜約20,000rpmで回転する。なお、最大回転速度は、可及的に高速である方がスループットの観点からは有利であるが、レーザビームの照射位置を制御するために、エキシマレーザ2の後述するパルス繰り返し周波数以下であることが望ましい。また、スピンドルモータMは、図示しないロータリーエンコーダを内蔵し、回転位置情報を検出してPC1へ与える。

【0025】なお、スピンドルモータMの回転制御方式は、CLV（Constant Linear Velocity）制御又はCAV（Constant Angular Velocity）制御とすることができるが、CAV制御では、前述した如くに、エキシマレーザ2のパルス繰り返し周波数とスピンドルモータMの回転周波数とを一致させ易く、特定の欠陥を狙ってレーザビームを照射する場合に好適であり、また、CLV制御では、一定のパルス繰り返し周波数で照射し易く、ハードディスク基板Sの表面に均一にレーザビームを照射する場合に好適である。

【0026】エキシマレーザ2は、クリーニング用に用いられる波長248nmのKrFエキシマレーザ発振器を備えてなり、PC1により発振のON/OFF及びパルス繰り返し周波数を切り替えられる。また、エキシマレーザ2は、それが備える制御装置により、ガス寿命等に起因するレーザ密度の低下を印加電圧で補償し、常に一定のレーザ密度で照射するようになっている。なお、エキシマレーザ2としては、そのレーザ密度が比較的高く、例えば電圧制御で300〜700mJの範囲で可変のものであり、パルス繰り返し周波数が400Hzのように高いものが望ましい。

【0027】なお、本発明に係るクリーニング装置においては、KrFエキシマレーザ発振器以外にも、XeClエキシマレーザ発振器（波長：308nm）、ArFエキシマレーザ発振器（波長：193nm）等のエキシマレーザ発振器、又は固体レーザ発振器、半導体レーザ発振器等の他のレーザ発振器を用いることも可能である。

【0028】バリアブルアッテネータ3は、PC1によりその透過率を0〜100%に可変とされ、エキシマレーザ2から照射されたレーザビームを単位照射面積当たりのレーザ強度（レーザ密度）を一定とするように調整する。なお、バリアブルアッテネータ3は、エキシマレーザ2のエネルギー効率の観点から透過率を70〜100%の範囲で用いることが望ましい。

【0029】光学系4は、ミラー、ビーム整形器等の光学部材から構成され、バリアブルアッテネータ3を透過したレーザビームを矩形ビームに整形し、整形されたレーザビームを偏向して、移動ステージ5上に搭載された

いま1つの光学系7へ与える。

【0030】なお、光学系4を透過したレーザビームは、そのプロファイルが均一なコリメート光となるようにすることが望ましく、また、後述するいま1つの光学系7を介してハードディスク基板Sの上面に照射される矩形のレーザビームがその長手方向をハードディスク基板Sの半径方向に一致させることが望ましい。

【0031】2つの移動ステージ5、6は、ハードディスク基板Sの上方に設けられており、PC1に制御されて、その図示しないステージ部分をハードディスク基板Sの半径方向に夫々移動させるようになっているとともに、各移動位置情報をPC1へ与える。

【0032】一方の移動ステージ5のステージ部分には、前述した光学系4から偏向されたレーザビームをハードディスク基板Sの上面に所定の角度で入射するように更に偏向する光学系7が搭載されている。この光学系7は、後で詳述する如くに、ハードディスク基板Sの円周方向に沿って傾斜してレーザビームを前記上面に入射するようになっている。なお、光学系7から直接的にレーザビームをハードディスク基板Sの上面に照射する代わりに、ハードディスク基板Sに対して固定とされたミラーで更に反射させてから、ハードディスク基板Sに照射する構成としてもよい。

【0033】エネルギーメータ11は、欠陥除去後のハードディスク基板Sを交換する際に、ハードディスク基板SがスピンドルモータMのアーバに取り付けられていないような状態で、照射されるレーザビームを図1の破線で示した如くに受け、このレーザビームのレーザ密度を検出し、これをPC1へ与える。

【0034】PC1は、基本的には予め設定された目標値に基づいてエキシマレーザ2への印加電圧をレーザ密度一定制御することによって粗調整しているが、このエネルギーメータ11から与えられるレーザ密度の実測値をフィードバック信号としてバリアブルアッテネータ3を微調整するようになっている。

【0035】このような調整は、前述した如く、エキシマレーザ2ではレーザビームの照射に伴ってその励起ガス及び光学部材等が劣化し、レーザ密度が徐々に低下するために必要なものであり、また、これら粗調整及び微調整における各制御入力量を比較することにより、バリアブルアッテネータ3、光学系4、及び光学系7の劣化を検出することも可能である。

【0036】また、微調整用のフィードバック信号を検出するエネルギーメータ11の検出は、エキシマレーザ2の励起ガス及び光学部材等の劣化が比較的緩やかなスピードで生じるため、前述した如くにハードディスク基板Sの交換時程度の頻度でよい。

【0037】吸引部10は、除去された欠陥等を吸引除去する装置である。本発明に係るクリーニング装置又はハードディスク基板Sを含む部分のみをクリーンルー

ムに配置する場合には、そのエア供給源にHEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルタを設けることにより、高度に清浄な環境を得ることができる。なお、HEPAフィルタは、グラスウールを主材として構成されたガスフィルタであり、慣性、拡散、及び衝突の3原理を用いて粒子を捕集する機能を有している。

【0038】また、本発明に係るクリーニング装置は、ハードディスク基板Sの表面欠陥を検出する機能も有しており、これを主としていま1つの移動ステージ6の図示しないステージ部分に搭載されたLD8及び欠陥検出部9により行なっている。

【0039】LD8は、赤色、(青)紫色等の半導体レーザから構成され、PC1により制御されてハードディスク基板Sの上面に均一光を照射する線光源又は面光源である。照射光は、レーザビームと同様に傾斜してハードディスク基板Sの上面に入射されるとともに、この傾斜方向をハードディスク基板Sの円周方向に沿わせてあって、これにより、テクスチャ(研磨溝)による拡散光の発生を抑制するようになっている。なお、LD8には、波長が短いものを用いることが望ましい。

【0040】欠陥検出部9は、光電子倍增管、A/D変換器等を備えてなり、LD8からハードディスク基板Sの上面における反射光の光軸上に設けられている。欠陥検出部9は、ハードディスク基板Sの上面での反射光を受光して光電変換し、変換したアナログ信号をA/D変換した受光量としてのデジタル信号をPC1へ与えている。なお、欠陥検出部9は、ハードディスク基板Sの上面における凹凸での散乱光、及び前記上面における欠陥での散乱光を受光するような構成とすることも可能である。

【0041】本発明に係るクリーニング装置は以上の如き構成としてあり、前述した如く、光学系7を介してハードディスク基板Sに照射されるレーザビームと、LD8からハードディスク基板Sに照射されるレーザビームとは、夫々ハードディスク基板Sの上面にその円周方向に沿って入射されるように構成されており、これについて次に説明する。

【0042】図2は、レーザビームをハードディスク基板Sへ傾斜して入射する際の作用を説明するための説明図であり、図2(a)には、比較対象として破線で示すレーザビームをハードディスク基板Sの上面に対して直角に入射した状態を示し、図2(b)には、本発明に係るクリーニング装置の如くに、同じく破線で示すレーザビームをハードディスク基板Sの上面に対して傾斜して入射した状態を夫々示している。

【0043】図2(a)に示す如く、例えばハードディスク基板Sの上面に付着した欠陥Cに対して所定幅 A_1 を有するレーザビームを欠陥Cの全体を含むように照射した場合を想定する。なお、図2における欠陥Cは説明の便宜上球形のように図示してあるが、実際には様々な

形状をしている。この場合には、ハードディスク基板Sへのレーザビームの照射領域の大きさは A_1 となり、欠陥Cへの照射領域の大きさは A_2 となる。

【0044】これに対して、図2(b)においては、図2(a)と同様のハードディスク基板Sと、欠陥Cとを示してあるが、レーザビームをハードディスク基板Sに対して傾斜して入射しているため、図2(a)の状態と比べてハードディスク基板Sへの照射領域 A_1 が大きくなる。

【0045】このため、前記レーザビームが欠陥検出用である場合には、同一の幅に整形されたレーザビームであっても、より大きな照射領域 A_1 が得られるため、単位時間当りの照射領域が増大して短時間で1枚のハードディスク基板Sの検査を完了することができるようになる。

【0046】一方、前記レーザビームが欠陥除去用である場合にも、上述と同様の原理にて除去に要する時間を低減することができる。また、図2(b)に示す如く、欠陥Cへの照射領域 A_2 は、前述した図2(a)と同じ大きさの直接照射領域 A_{21} と、欠陥Cの手前側にハードディスク基板Sの上面で反射し、欠陥Cの下部から側部に亘って照射されるレーザビームに相当する間接照射領域 A_{22} とを足し合わせた大きさとなり、欠陥Cに照射されるレーザビームの割合が増大し、結果として除去能力が向上する。

【0047】これは、例えば、レーザビームの密度を、この反射したレーザビームによって欠陥Cを除去するのに十分な大きさに設定した場合、実際にこの欠陥Cを含めてハードディスク基板Sに照射されるレーザ密度をこれよりも小さくすることができ、これによって損傷閾値が小さいアルミニウム製又はガラス製のハードディスク基板Sの上面を損傷することなく効果的な欠陥除去を達成することができるようになる。

【0048】図3は、欠陥除去用のレーザビームをハードディスク基板Sの円周方向に沿って入射する際の作用を説明するための説明図であり、図3(a)には、比較対象として破線で示すレーザビームをハードディスク基板Sの半径方向に沿って入射した状態を示し、図3

(b)には、本発明に係るクリーニング装置の如くに、同じく破線で示すレーザビームをハードディスク基板Sの円周方向に沿って入射した状態を夫々示している。

【0049】図3(a)に示す如く、テクスチャ研磨後のハードディスク基板Sの上面には、略同心円状のテクスチャ(研磨溝)Tが形成されており、例えば、このテクスチャTの間にある欠陥Cに、図2(b)の如くにハードディスク基板Sに対して傾斜してレーザビームを入射した場合には、照射領域 A_2 は、このレーザビームの光源側にあるテクスチャTに遮蔽されて非常に小さくなり、遮蔽されてレーザビームが照射されない欠陥Cの部分は除去されない虞がある。

【0050】これに対して、図3(b)に示す如く、ハードディスク基板Sの円周方向に沿ってレーザビームを入射する場合には、このレーザビームがテクスチャTの形成方向に沿って入射されることとなり、テクスチャTに遮蔽されることなく欠陥Cの全体にレーザビームを照射できるようになる。

【0051】このように、本発明に係るクリーニング装置では、クリーニング対象となるハードディスク基板Sが損傷閾値の小さいアルミニウム製又はガラス製であっても、これを損傷させることなく欠陥除去を達成することができるばかりでなく、特にテクスチャ研磨後のハードディスク基板Sに対して効果的な欠陥除去を達成することができるのである。さらに、本発明に係るクリーニング装置では、より効果的に欠陥除去を実行するために、PC1が欠陥検出及び欠陥除去を制御するようになっており、次にこれを説明する。

【0052】図4及び図5は、本発明に係る実施の形態1のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うPC1の処理内容を示すフローチャートである。まず、2つの移動ステージ5、6の夫々に対して移動指示を出力し、夫々を欠陥検出及び欠陥除去のための初期位置へ移動させる(ステップ101)。初期位置への移動を完了するのに伴って、エキシマレーザ2をONするとともに、移動ステージ5に対してハードディスク基板Sの全域に亘って1箇所当たり1〜2パルス照射するように照射指示を出力する(ステップ102)。これに伴って、移動ステージ5は、スピンドルモータMにより検出された回転速度及びハードディスク基板Sにおける半径方向の照射位置等に基づいてレーザビームを照射する。

【0053】このように、ハードディスク基板Sの全域に亘って1箇所当たり1〜2パルスのレーザビームを照射するのは、例えば前述した如くに、このハードディスク基板Sが超音波エアー洗浄又は水洗浄される前のものである場合に、ハードディスク基板Sの表面に付着したテクスチャ研磨の研磨屑等を粗除去するためであり、後述する再照射に要するレーザビームの照射量を軽減することができる。

【0054】全域への照射完了に伴って、移動ステージ6及びLD8へ欠陥検査指示を出力して欠陥検査を開始し(ステップ103)、これに応じて欠陥検出部9が検出した信号に基づいてハードディスク基板Sの上面における欠陥の有無及び大きさを判別する(ステップ104)。また、欠陥検出部9の検出信号を、判別結果及び移動ステージ6からの検出位置を含め、ハードディスク基板Sの上面位置に対応してマッピングし、これを欠陥分布として内蔵メモリに記憶する(ステップ105)。

【0055】なお、ステップ103における欠陥検査を、ステップ102の完了を待たずに並列処理する構成としてもよく、この場合には、スループットを大幅に向上することができることは言うまでもない。

【0056】欠陥検出部9によりハードディスク基板Sの全域に亘る欠陥検出の完了に伴って、前記内蔵メモリを参照し、前記欠陥分布から欠陥数NDを計数し（ステップ106）、予め用意された除去不可能な欠陥用カウンタNUと、再照射を行なう欠陥用カウンタNRとの夫々に欠陥数NDを代入する（ステップ107）。

【0057】次に、カウンタNRに基づいて、本処理が開始去れるとともにリセットされるタイマの時間を勘案して、この1枚のハードディスク基板Sのクリーニングに要する時間が所定時間を超えるか否かを判定し（ステップ108）、超えない場合には、再照射すべき欠陥がなく、再照射が完了したことを確認すべく、カウンタNR=0であるか否かを判定する（ステップ109）。

【0058】カウンタNR=0でない場合には、再照射すべき欠陥が未だ残っており、再照射が完了していないと判断し、1箇所当りの照射パルス数を示す照射パルスカウンタPNをリセットしておく（ステップ110）。そして、移動ステージ5に対して欠陥検出位置に基づいた移動指示を出力し、欠陥検出位置へ移動させる（ステップ111）。欠陥検出位置への移動を完了するのに伴って、エキシマレーザ2をこの欠陥検出位置に1パルス照射すべくONする（ステップ112）。

【0059】そして、移動ステージ6及びLD8に対して欠陥検出位置に基づいた欠陥検査指示を出力し、ステップ112で照射した位置の欠陥検査を開始する（ステップ113）。これに応じて欠陥検出部9が検出した信号に基づいて欠陥検出位置の欠陥が除去できたか否かを判定する（ステップ114）。除去できなかった場合には、照射パルスカウンタPNに1を加え（ステップ115）、1を加えた後の照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えているか否かを判定し（ステップ116）、超えていない場合には、ハードディスク基板Sを損傷させずに欠陥除去用のレーザビームを未だ照射可能であると判断し、ステップ112からの処理を繰り返す。

【0060】一方、ステップ114で除去できた場合には、除去不可能な欠陥用カウンタNUから1を差し引く（ステップ117）。この後で、又はステップ116で照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えている場合には、再照射を行なう欠陥用カウンタNRから1を差し引き（ステップ118）、次の位置の欠陥を除去すべくステップ108からの処理を繰り返す（ステップ119）。

【0061】また、ステップ108で再照射に要する時間が所定時間を超える場合、又はステップ109で再照射を行なう欠陥用カウンタNR=0である場合には、再照射すべき欠陥がもう無くなり、再照射が完了していると判断するとともに、除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えるか否かを判定し（ステップ120）、超える場合には、最終的に得られるハード

ディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できないと判断し、このハードディスク基板Sを破棄するように各部を動作させるか、オペレータに促し（ステップ121）、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0062】そして、ステップ121の後で、又はステップ120で除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えない場合には、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できると判断し、これを良品とし、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0063】なお、ステップ120においては、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できないことを判定するためのものであるが、より詳細な判定をするために、例えば、ステップ107で振り分けた除去不可能な欠陥用カウンタNUを、0.5 μ m未満の欠陥である場合にはNU₁、0.5 μ m以上、1 μ m未満の欠陥である場合にはNU₂、1 μ mを以上、5 μ m未満の欠陥である場合にはNU₃、5 μ m以上の欠陥である場合にはNU₄の4つに更に振り分け、これらNU₁～NU₄に夫々設定された閾値と比較し、これによってハードディスク基板Sを破棄する等の判定を行なうように構成してもよい。

【0064】また、本実施の形態においては、PC1がハードディスク基板Sで反射したレーザビームの光量に基づいて欠陥の有無（及び大きさ）を判別する構成としたが、エキシマレーザ2が有する蛍光反射性を利用し、反射光をスペクトル分析することにより、欠陥の有無（及び大きさ）だけでなく、その種類、材質等を検出することができるようにしてもよい。

【0065】実施の形態2. 図6及び図7は、本発明に係る実施の形態2のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うPC1の処理内容を示すフローチャートである。本実施の形態においては、実施の形態1と同様の装置構成を有し、主としてその欠陥の検出及び除去の処理手順が異なるだけであり、その他の構成及び作用は実施の形態1と同様であって、重複する部分には同一の参照符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0066】まず、2つの移動ステージ5、6の夫々に対して移動指示を出力し、夫々を欠陥検出及び欠陥除去のための初期位置へ移動させる（ステップ201）。初期位置への移動を完了するのに伴って、エキシマレーザ2をONするとともに、移動ステージ5に対してハードディスク基板Sの全域に亘って1箇所当り1～2パルス照射するように照射指示を出力する（ステップ202）。

【0067】全域への照射完了に伴って、移動ステージ6及びLD8へ欠陥検査指示を出力して欠陥検査を開始し（ステップ203）、これに応じて欠陥検出部9が検

出した信号に基づいてハードディスク基板Sの上面における欠陥の有無及び大きさを判別する(ステップ204)。また、欠陥検出部9の検出信号を、判別結果及び移動ステージ6からの検出位置を含め、ハードディスク基板Sの上面位置に対応してマッピングし、これを欠陥分布として内蔵メモリに記憶する(ステップ205)。

【0068】なお、ステップ203における欠陥検査を、ステップ202の完了を待たずに並列処理する構成としてもよく、この場合には、スループットを大幅に向上することができることは言うまでもない。

【0069】欠陥検出部9によりハードディスク基板Sの全域に亘る欠陥検出の完了に伴って、前記内蔵メモリを参照し、前記欠陥分布から除去の可否に応じて欠陥を分別(フィルタリング)し(ステップ206)、フィルタリング結果に基づいて、除去不可能な欠陥の数を ND_1 とし、除去可能な欠陥の数を ND_2 として夫々計数する(ステップ207)。

【0070】そして、実施の形態1の如き除去不可能な欠陥用カウンタNUを $ND_1 + ND_2$ としておき(ステップ208)、除去不可能な欠陥の数 ND_1 が所定の閾値を超えるか否かを判定し(ステップ209)、超えない場合には、実施の形態1の如き再照射を行なう欠陥用カウンタNRを除去可能な欠陥の数 ND_2 とする(ステップ210)。一方、ステップ209で、除去不可能な欠陥の数 ND_1 が所定の閾値を超える場合には、再照射を行なう欠陥用カウンタNRをリセットする(ステップ211)。

【0071】ステップ210又は211の後で、カウンタNRに基づいて、本処理が開始されるとともにリセットされるタイマの時間を勘案して、この1枚のハードディスク基板Sのクリーニングに要する時間が所定時間を超えるか否かを判定し(ステップ212)、超えない場合には、再照射すべき欠陥がなく、再照射が完了してことを確認すべく、カウンタNR=0であるか否かを判定する(ステップ213)。

【0072】カウンタNR=0でない場合には、再照射すべき欠陥が未だ残っており、再照射が完了していないと判断し、1箇所当たりの照射パルス数を示す照射パルスカウンタPNをリセットしておく(ステップ214)。そして、移動ステージ5に対して欠陥検出位置に基づいた移動指示を出力し、欠陥検出位置へ移動させる(ステップ215)。欠陥検出位置への移動を完了するのに伴って、エキシマレーザ2をこの欠陥検出位置に1パルス照射すべくONする(ステップ216)。

【0073】そして、移動ステージ6及びLD8に対して欠陥検出位置に基づいた欠陥検査指示を出力し、ステップ216で照射した位置の欠陥検査を開始する(ステップ217)。これに応じて欠陥検出部9が検出した信号に基づいて欠陥検出位置の欠陥が除去できたか否かを判定する(ステップ218)。除去できなかった場合に

は、照射パルスカウンタPNに1を加え(ステップ219)、1を加えた後の照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えているか否かを判定し(ステップ220)、超えていない場合には、ハードディスク基板Sを損傷させずに欠陥除去用のレーザビームを未だ照射可能であると判断し、ステップ216からの処理を繰り返す。

【0074】一方、ステップ218で除去できた場合には、除去不可能な欠陥用カウンタNUから1を差し引く(ステップ221)。この後で、又はステップ220で照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えている場合には、再照射を行なう欠陥用カウンタNRから1を差し引き(ステップ222)、次の位置の欠陥を除去すべくステップ212からの処理を繰り返す(ステップ223)。

【0075】また、ステップ212で再照射に要する時間が所定時間を超える場合、又はステップ213で再照射を行なう欠陥用カウンタNR=0である場合には、再照射すべき欠陥がもう無くなり、再照射が完了していると判断するとともに、除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えるか否かを判定し(ステップ224)、超える場合には、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できないと判断し、このハードディスク基板Sを破棄するように各部を動作させるか、オペレータに促し(ステップ225)、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0076】そして、ステップ225の後で、又はステップ224で除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えない場合には、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できると判断し、これを良品とし、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0077】実施の形態3. 図8及び図9は、本発明に係る実施の形態3のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うPC1の処理内容を示すフローチャートである。本実施の形態においては、実施の形態1と同様の装置構成を有し、主としてその欠陥の検出及び除去の処理手順が異なるだけであり、その他の構成及び作用は実施の形態1と同様であって、重複する部分には同一の参照符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0078】まず、2つの移動ステージ5、6の夫々に対して移動指示を出力し、夫々を欠陥検出及び欠陥除去のための初期位置へ移動させる(ステップ301)。初期位置への移動を完了するのに伴って、移動ステージ6及びLD8へ欠陥検査指示を出力して欠陥検査を開始し(ステップ302)、これに応じて欠陥検出部9が検出した信号に基づいてハードディスク基板Sの上面における欠陥の有無及び大きさを判別する(ステップ303)。

3)。また、欠陥検出部9の検出信号を、判別結果及び移動ステージ6からの検出位置を含め、ハードディスク基板Sの上面位置に対応してマッピングし、これを欠陥分布として内蔵メモリに記憶する(ステップ304)。

【0079】次いで、エキシマレーザ2をONするとともに、移動ステージ5に対してハードディスク基板Sの全域に亘って1箇所当り1〜2パルス照射するように照射指示を出力し(ステップ305)、その後で、移動ステージ6及びLD8へ欠陥検査指示を出力して再欠陥検査を開始する(ステップ306)。

【0080】なお、ステップ305における欠陥除去をステップ302の完了を待たずに並列処理する構成としてもよく、この場合には、スループットを大幅に向上することができることは言うまでもない。

【0081】そして、欠陥検出部9によりハードディスク基板Sの全域に亘る欠陥検出の完了に伴って、前記内蔵メモリを参照し、前回マッピングされた欠陥分布における各検出信号と、今回マッピングされた欠陥分布における各検出信号との比較を行ない(ステップ307)、比較結果に基づいて、検出信号が変化しないもの(除去不可能な欠陥)の数を ND_1 とし、検出信号が変化したもの(除去可能な欠陥)の数を ND_2 として夫々計数する(ステップ308)。

【0082】実施の形態1の如き除去不可能な欠陥用カウンタNUを $ND_1 + ND_2$ としておき(ステップ309)、除去不可能な欠陥の数 ND_1 が所定の閾値を超えるか否かを判定し(ステップ310)、超えない場合には、実施の形態1の如き再照射を行なう欠陥用カウンタNRを除去可能な欠陥の数 ND_2 とする(ステップ311)。一方、ステップ310で、除去不可能な欠陥の数 ND_1 が所定の閾値を超える場合には、再照射を行なう欠陥用カウンタNRをリセットする(ステップ312)。

【0083】ステップ311又は312の後で、カウンタNRに基づいて、本処理が開始されるとともにリセットされるタイマの時間を勘案して、この1枚のハードディスク基板Sのクリーニングに要する時間が所定時間を超えるか否かを判定し(ステップ313)、超えない場合には、再照射すべき欠陥がなく、再照射が完了してことを確認すべく、カウンタNR=0であるか否かを判定する(ステップ314)。

【0084】カウンタNR=0でない場合には、再照射すべき欠陥が未だ残っており、再照射が完了していないと判断し、1箇所当りの照射パルス数を示す照射パルスカウンタPNをリセットしておく(ステップ315)。そして、移動ステージ5に対して欠陥検出位置に基づいた移動指示を出力し、欠陥検出位置へ移動させる(ステップ316)。欠陥検出位置への移動を完了するのに伴って、エキシマレーザ2をこの欠陥検出位置に1パルス照射すべくONする(ステップ317)。

【0085】そして、移動ステージ6及びLD8に対して欠陥検出位置に基づいた欠陥検査指示を出力し、ステップ317で照射した位置の欠陥検査を開始する(ステップ318)。これに応じて欠陥検出部9が検出した信号に基づいて欠陥検出位置の欠陥が除去できたか否かを判定する(ステップ319)。除去できなかった場合には、照射パルスカウンタPNに1を加え(ステップ320)、1を加えた後の照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えているか否かを判定し(ステップ321)、超えていない場合には、ハードディスク基板Sを損傷させずに欠陥除去用のレーザビームを未だ照射可能であると判断し、ステップ317からの処理を繰り返す。

【0086】一方、ステップ319で除去できた場合には、除去不可能な欠陥用カウンタNUから1を差し引く(ステップ322)。この後で、又はステップ321で照射パルスカウンタPNが最大照射パルス数PMを超えている場合には、再照射を行なう欠陥用カウンタNRから1を差し引き(ステップ323)、次の位置の欠陥を除去すべくステップ313からの処理を繰り返す(ステップ324)。

【0087】また、ステップ313で再照射に要する時間が所定時間を超える場合、又はステップ314で再照射を行なう欠陥用カウンタNR=0である場合には、再照射すべき欠陥がもうなくなり、再照射が完了していると判断するとともに、除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えるか否かを判定し(ステップ325)、超える場合には、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できないと判断し、このハードディスク基板Sを破棄するように各部を動作させるか、オペレータに促し(ステップ326)、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0088】そして、ステップ326の後で、又はステップ325で除去不可能な欠陥用カウンタNUが最終的に所定の閾値を超えない場合には、最終的に得られるハードディスク基板Sの記憶領域が製品として十分な大きさを確保できると判断し、これを良品とし、次に処理するハードディスク基板Sと交換する等した後で本処理を繰り返す。

【0089】なお、特許請求の範囲の項に図面との対照を便利にするための参照符号を付してあるが、これによって本発明は添付図面の構成に限定されるものではない。

【0090】

【発明の効果】以上詳述した如く本発明に係るクリーニング装置においては、クリーニング対象となる試料表面に光ビームを照射し、試料表面での反射光に基づいて試料表面に存在する欠陥を検出し、検出結果に基づいて欠陥にエネルギービームを照射することにより、欠陥を除去

する構成のクリーニング装置において、光ビーム及び／又はエネルギービームの出射源が、試料表面に対して傾斜して光ビーム及び／又はエネルギービームを入射する構成としたので、光ビーム及び／又はエネルギービームを試料表面に略直角に入射するのに比べて、照射面積が増大するとともに、照射密度が減少するので、短時間で欠陥検出及び欠陥除去を行なうことができるばかりでなく、特にエネルギービームによる損傷閾値が低いアルミニウム又はガラス等を主材とする試料に対して、試料表面を損傷することなく、欠陥除去を達成することができる。

【0091】また、エネルギービームの出射源は、1箇所当たり第1パルス数の割合でパルス状のエネルギービームを照射し、照射した後で検出された欠陥の位置に、再び1箇所当たり第2パルス数の割合でエネルギービームを照射する構成としたので、例えば、試料全体に対して1箇所当たり1～数パルスの割合でエネルギービームを照射して粗除去し、欠陥検査を行なった後で、欠陥が検出された位置にエネルギービームを再照射して微除去することができ、可及的に少ないパルス数で欠陥除去を行なうことによって、試料表面の損傷を抑制することが可能であるばかりでなく、欠陥除去用のエネルギービームで除去可能な欠陥が残る可能性を可及的に小さくすることができる。

【0092】また、検出された欠陥が欠陥除去用のエネルギービームによって除去が可能であるか否かを判別し、除去が可能であると判別された欠陥にエネルギービームを照射する一方、除去が不可能であると判別された欠陥の量が所定の閾値を超える場合には、試料に欠陥除去用のエネルギービームを照射しないようにする構成としたので、対象となる試料表面に欠陥が存在しても、欠陥除去用のエネルギービームで除去可能と判断された欠陥のみにエネルギービームを照射するため、欠陥除去に掛かるコストを低減することができる。

【0093】また、対象となる試料表面に欠陥が存在しても、該欠陥の量が過大で、例えばハードディスク基板の如き試料が製品となった際に利用可能な記憶容量が十分に確保できずに、破棄対象となる場合には、無駄となる欠陥除去用のエネルギービームの照射を行わないため、欠陥除去に掛かるコストを低減することができる。

【0094】さらに、試料を回転させ、少なくとも何れかの出射源が回転の接線方向に沿って試料へ入射するように構成したので、例えば、試料としてテクスチャ研磨後のハードディスク基板を用いた場合には、同心円状に

形成されたテクスチャ（研磨溝）の形成方向に沿って入射することとなり、テクスチャに遮蔽されて照射され得ない領域が発生することがなく、効率的な照射を実現することができる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るクリーニング装置の構成を示すブロック図である。

【図2】レーザビームをハードディスク基板へ傾斜して入射する際の作用を説明するための説明図である。

【図3】欠陥除去用のレーザビームをハードディスク基板の円周方向に沿って入射する際の作用を説明するための説明図である。

【図4】本発明に係る実施の形態1のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

【図5】本発明に係る実施の形態1のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

【図6】本発明に係る実施の形態2のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

【図7】本発明に係る実施の形態2のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

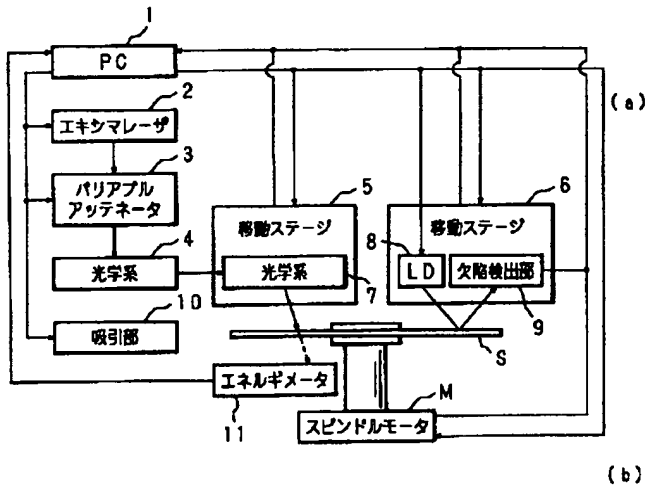
【図8】本発明に係る実施の形態3のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

【図9】本発明に係る実施の形態3のクリーニング装置における欠陥の検出及び除去に伴うパーソナルコンピュータ（PC）の処理内容を示すフローチャートである。

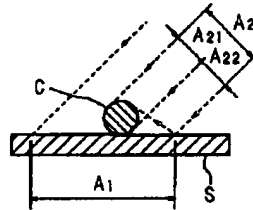
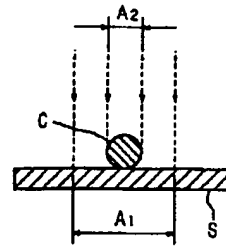
【符号の説明】

- 1 パーソナルコンピュータ（PC）
- 2 エキシマレーザ
- 3 バリアブルアッテネータ
- 4 光学系
- 7 光学系
- 8 レーザダイオード（LD）
- 9 欠陥検出部
- C 欠陥
- M スピンドルモータ
- S ハードディスク基板

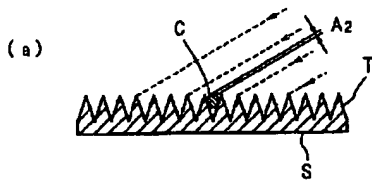
【図1】



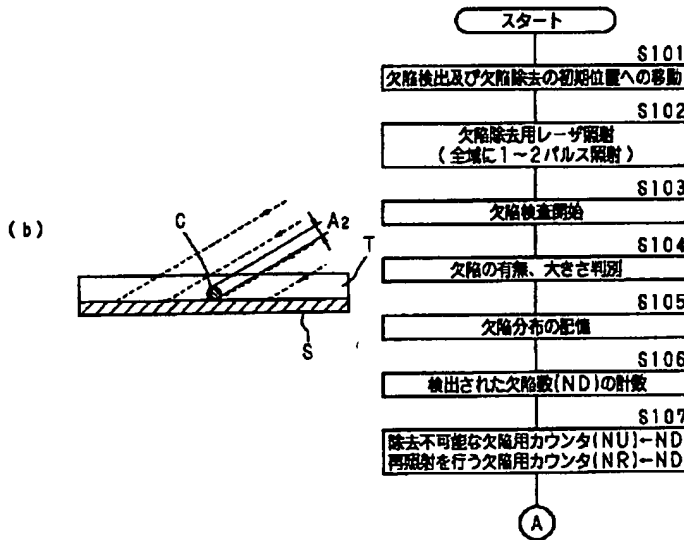
【図2】



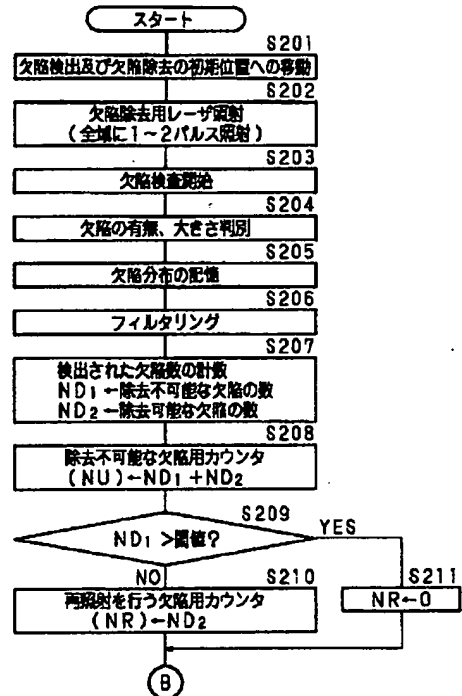
【図3】



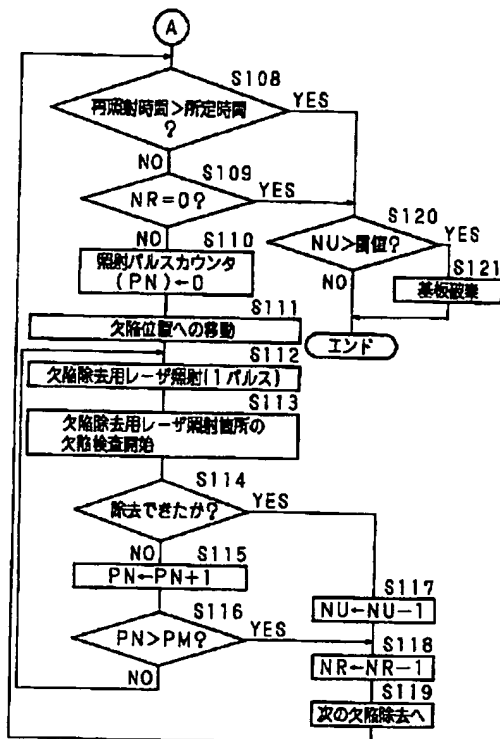
【図4】



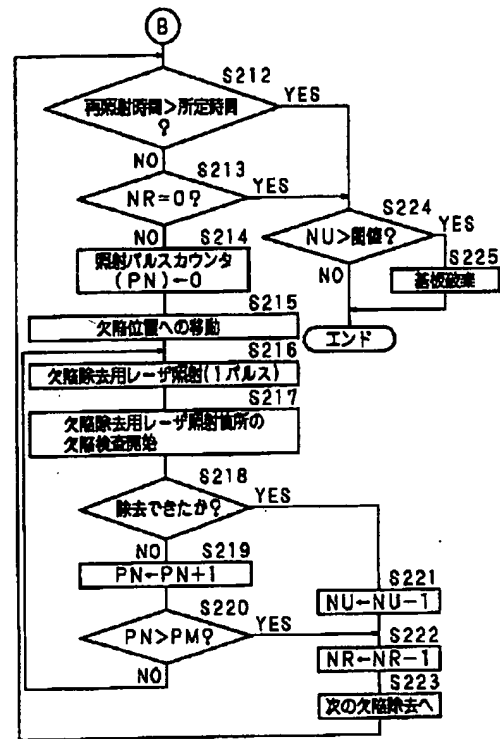
【図6】



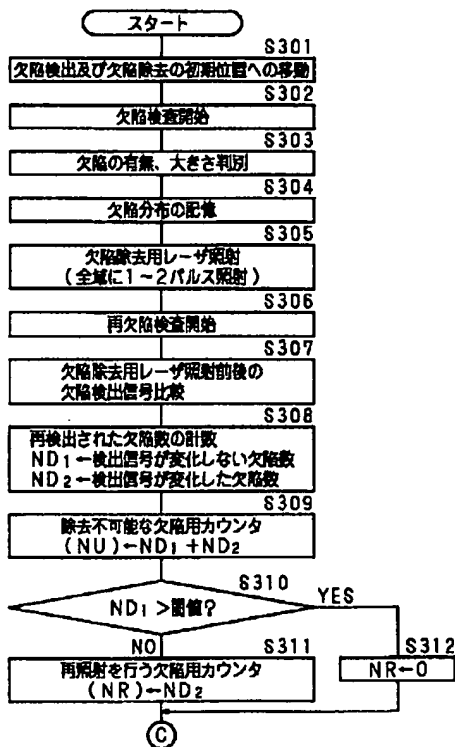
【図5】



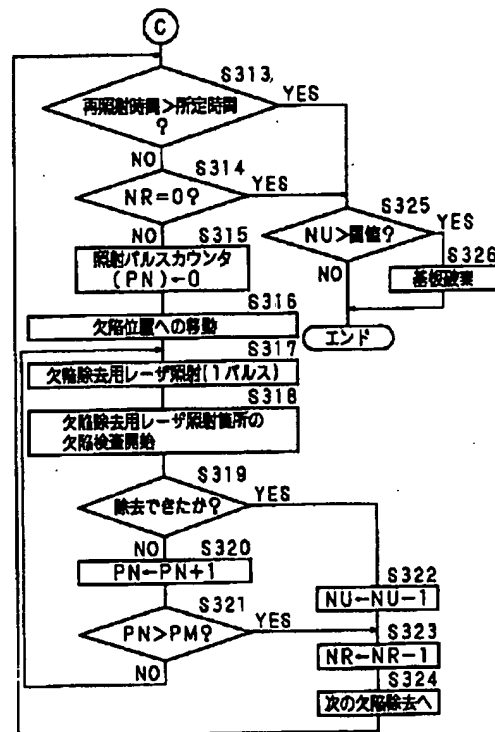
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 早川 義人
兵庫県伊丹市奥畑5丁目10番地 株式会社
クボタ電子技術センター伊丹分室内

(72)発明者 原 裕紀
兵庫県伊丹市奥畑5丁目10番地 株式会社
クボタ電子技術センター伊丹分室内

(72)発明者 久保田 昌実
兵庫県伊丹市奥畑5丁目10番地 株式会社
クボタ電子技術センター伊丹分室内

Fターム(参考) 3B116 AA02 AA03 AB42 BC01 CA00
CD42 CD43
5D112 AA02 AA24 GA19 JJ05
5F004 AA09 AA14 AA16 BB03 BB31
CA08 CB09